



Process for operating a fuel cell system comprises removing moisture from a waste air stream of a fuel cell, desorbing the water and recycling

Patent number: DE19902219
Publication date: 2000-06-08
Inventor: KONRAD GERHARD (DE)
Applicant: DAIMLER CHRYSLER AG (DE)
Classification:
- international: H01M8/04; H01M8/10
- european: H01M8/04C2E2
Application number: DE19991002219 19990121.
Priority number(s): DE19991002219 19990121

Also published as:

 EP1022796 (A2)
 EP1022796 (A3)

Abstract of DE19902219

Process for operating a fuel cell system comprises removing moisture from a waste air stream (30) of a fuel cell (12) by adsorption (31), desorbing the adsorbed water and recycling into the feed stream (20), fuel stream, liquid stream of the anode side and/or cooling water cycle of the fuel cell. An Independent claim is also included for a fuel cell system comprising a fuel cell (12) with a cathode (14), and anode (16), a feed line (20) and a waste air line (30).

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 199 02 219 C 1

51 Int. Cl.⁷:
H 01 M 8/04
H 01 M 8/10

21 Aktenzeichen: 199 02 219.4-45
22 Anmeldetag: 21. 1. 1999
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 8. 6. 2000

DE 199 02 219 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Konrad, Gerhard, Dr., 70197 Stuttgart, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 197 04 888 A1
US 53 60 679 A
EP 06 69 042 B1

54 Verfahren zum Betrieb eines Brennstoffzellensystems und Brennstoffzellensystem

57 Gemäß der Erfindung erfolgt in einem Brennstoffzellensystem mit mindestens einer Brennstoffzelle eine Rückgewinnung von in einem Abluftstrom der mindestens einen Brennstoffzelle enthaltener Feuchtigkeit mittels Adsorption, anschließender Desorption adsorbierten Wassers und Rückführung in den Zuluftstrom und/oder den Brennstoffstrom der mindestens einen Brennstoffzelle und/oder zur Reformereinheit und/oder zur Ergänzung des flüssigen Energieträgers Methanol-Wasser-Gemisch eines DMFC-Systems.

DE 199 02 219 C 1

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Brennstoffzellensystems sowie ein Brennstoffzellensystem.

Bei der Stromerzeugung mittels Brennstoffzellen, insbesondere sogenannten PEM (Polymere Membran)-Brennstoffzellen wird der Brennstoffzelle bzw. einem aus einer Mehrzahl übereinander gestapelter Brennstoffzellen gebildeter Brennstoffzellenblock (Stack) Wasserstoff bzw. ein wasserstoffhaltiges Gas und Luft bzw. reiner Sauerstoff zugeführt. Um ein Austrocknen der Membran zu verhindern, wird der Luftstrom und/oder der Brennstoffstrom vor Eintritt in die Brennstoffzelle befeuchtet, wobei das Befeuchtungswasser hierzu dem Kühlkreislauf oder einem separaten Zwischenspeicher entnommen werden kann. Bei der Reaktion von Wasserstoff mit dem Sauerstoff der Luft fällt als Produkt Wasser an, das mit dem Abgasstrom aus dem Brennstoffzellenblock ausgetragen wird. Das in dem Abgasstrom enthaltene Wasser kann anschließend teilweise aus dem Abgasstrom auskondensiert und dem Kühlkreislauf bzw. dem separaten Zwischenspeicher wieder zugeführt werden.

Bei der Direkt-Methanol-Brennstoffzelle (DMFC) dient anstelle des Wasserstoffs ein Methanol-Wasser-Gemisch als flüssiger Energieträger. Auch hier wird ein Teil des Wassers über die Membran transportiert und mit dem Luftstrom aus der Brennstoffzelle ausgetragen, so daß ein Zusatz von Wasser zum Methanol-Wasser-Kreislauf nötig ist, wobei das Wasser vorteilhaft in flüssiger Form aus dem Abluftstrom rückgewonnen werden kann.

Aus der US-PS 5,360,679 ist ein Brennstoffzellensystem bekannt, bei dem in dem Brennstoffzellenblock erzeugtes Wasser wiederverwertet wird. Das wiederverwertete Wasser dient zum Kühlen des Brennstoffzellenblocks und zur Befeuchtung sowohl des Brennstoff- als auch des Luftstroms vor deren Einspeisung in den Brennstoffzellenblock. Dazu umfaßt das bekannte Brennstoffzellensystem ein Wasserrückgewinnungs-Teilsystem, in dem das in dem Abgasstrom des Brennstoffzellenblocks enthaltene Wasser mittels Wasserabscheidern zurückgewonnen und einer weiteren Verwendung, beispielsweise einer Speicherung in einem Wasserspeicher und der Befeuchtung des dem Brennstoffzellenblock zugeleiteten Luftstromes, zugeführt. Die in dem bekannten Brennstoffzellensystem Verwendung findenden Wasserabscheider scheiden mechanisch, beispielsweise durch Umlenkung oder Fliehkraft, in dem Luftstrom enthaltene Wassertröpfchen aus. Zur zusätzlichen Teil-Rückgewinnung von im Abluftstrom enthaltenem Wasserdampf werden Wasserkondensatoren eingesetzt, in denen durch Abkühlung des Abgasstroms ein Teil des enthaltenen Wasserdampfes auskondensiert und ebenfalls mit mechanischen Abscheidern abgetrennt wird.

Bei einem Betrieb einer PEM-Brennstoffzelle mit reinem Wasserstoff verläßt in der Bilanz weniger Wasser das Gesamtsystem (mit dem Abgasstrom) als Wasser in dem System erzeugt wird. Wird der benötigte Wasserstoff intern durch die Reformierung flüssiger Energieträger wie beispielsweise Methanol, Benzin oder Diesel erzeugt, so wird für die Reformierung in der Regel zusätzlich Wasser benötigt. Dies kann dazu führen, daß in der Bilanz mehr Wasser verbraucht bzw. aus dem System ausgetragen wird, als im Gesamtsystem durch die Reaktion erzeugt und im Zwischenspeicher gespeichert wird. Wie bereits erläutert, ist grundsätzlich eine Rückgewinnung des im Abgasstrom enthaltenen Wassers durch Auskondensation möglich, wobei jedoch beim Einsatz in mobilen Systemen, insbesondere im Antrieb von Kraftfahrzeugen, durch das zur Verfügung stehende Temperaturniveau des Fahrzeugkühlers Grenzen ge-

steckt sind. Auf der anderen Seite sind gerade beim Einsatz in mobilen Systemen zur Vermeidung von Nachtanken und Speichern von Wasser hohe Anforderungen an eine ausgeglichene Wasserbilanz zu stellen.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb eines Brennstoffzellensystems sowie ein Brennstoffzellensystem bereitzustellen, mit dem bzw. bei dem mit möglichst einfachen und kompakt ausführbaren Mitteln eine möglichst effiziente Rückgewinnung von Wasser aus dem Abgasstrom eines Brennstoffzellenblocks zur Erzielung einer ausgeglichenen Wasserbilanz erreichbar ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe wird zum einen ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1, zum anderen ein Brennstoffzellensystem mit den Merkmalen des Anspruchs 8 vorgeschlagen.

Demnach erfolgt in einem Brennstoffzellensystem mit mindestens einer Brennstoffzelle eine Rückgewinnung von in einem Abluftstrom der mindestens einen Brennstoffzelle enthaltener Feuchtigkeit mittels Adsorption, anschließender Desorption adsorbierten Wassers und Rückführung in den Zuluftstrom und/oder den Brennstoffstrom oder in den Flüssigkeitsstrom der Anodenseite und/oder in dem Kühlwasserkreislauf der mindestens einen Brennstoffzelle. Durch die Anwendung der Adsorptionstechnik zur Extraktion von Feuchtigkeit aus dem Abluftstrom der mindestens einen Brennstoffzelle wird mit relativ geringem Aufwand im Vergleich zu den bekannten Techniken ein hoher Anteil des als Feuchtigkeit im Abluftstrom enthaltenen Wassers zurückgewonnen. Insbesondere gestattet die Anwendung der Adsorptionstechnik kompakte Abmessungen, wodurch die Einsatzmöglichkeiten eines Brennstoffzellensystems im mobilen Bereich verbessert werden. Das adsorbierte Wasser wird anschließend durch Energiebeaufschlagung desorbiert und weiterverwendet. Zur Energiebeaufschlagung kann beispielsweise Heißgas, ein flüssiger Wärmeträger, elektrische Beheizung oder elektromagnetische Strahlung eingesetzt werden. Das zurückgewonnene Wasser kann zur weiteren Verwendung vorzugsweise zur Befeuchtung des für die Reaktion in der Brennstoffzelle bestimmten Zuluftstroms zur Brennstoffzelle zurückgeführt werden, wobei vor der Rückführung zum Zuluftstrom beispielsweise eine Zwischenspeicherung in einem dafür vorgesehenen Wassertank erfolgen kann. Das zurückgewonnene Wasser kann auch zu dem Brennstoffzustrom zurückgeführt werden oder, bei einer vorgeschalteten Reformierungsstufe, der Reformereinheit zugeführt werden. Darüber hinaus kann das Wasser bei DMFC-Systemen zur Ergänzung des flüssigen Methanol-Wasser-Gemischs Verwendung finden.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Adsorption mittels eines Adsorbens, das auf einem kontinuierlich oder getaktet rotierenden Träger angeordnet ist. Durch diese rotierende Anordnung (Rotoradsorber) kann jeweils ein Abschnitt des beispielsweise scheibenförmig oder zylinderförmig ausgebildeten drehbaren Trägers in den Abluftstrom gebracht werden und dort Feuchtigkeit aus dem Abluftstrom adsorbieren. Durch die Rotation des Trägers wird der im Abluftstrom befindliche Abschnitt dann aus dem Abluftstrom weggedreht und in einen Desorptionsbereich hineingedreht, in welchem durch Zufuhr von Energie, beispielsweise in der Form von Heißluft oder dergleichen, das adsorbierte Wasser wieder desorbiert wird. Um für die anschließende Adsorption günstige Ausgangsbedingungen zu schaffen, kann das Adsorbens nach der Desorption zusätzlich gekühlt werden. Die Dreh- bzw. Taktzahl des Rotoradsorbers wird dabei insbesondere dem je-

weiligen Lastzustand angepaßt.

In alternativer Ausgestaltung der Erfindung erfolgt die Adsorption bzw. Desorption in einem oder mehreren Festbetten, deren Zu- und Abluftströme zyklisch umgeschaltet werden. In dieser Ausgestaltung wird somit nicht das Absorbens abwechselnd in den Adsorptions- bzw. den Desorptionsbereich gedreht, sondern die Zuluft- und Abluftströme werden abwechselnd auf das bzw. die Festbetten umgeleitet. Durch diese Maßnahme kann die Desorption auf einfache Weise durch indirekte Wärmezufuhr, beispielsweise aus dem Kühlkreislauf des Brennstoffzellensystems oder durch elektrische Heizung, unterstützt werden.

Die vorliegende Erfindung eignet sich insbesondere zur Anwendung in Brennstoffzellensystemen aus PEM-Brennstoffzellen sowohl beim Betrieb mit Wasserstoff oder Reformat als auch mit flüssigen Energieträgern (DMFC), wobei auch eine Kombination aus Kondensation und Adsorption möglich ist. Sie ist jedoch nicht auf PEM-Brennstoffzellensysteme beschränkt.

Die Erfindung ist anhand eines Ausführungsbeispiels in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.

Die einzige Figur zeigt ein Blockschaltbild eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystems.

Das in der Figur dargestellte Brennstoffzellensystem 10 umfaßt eine Brennstoffzelle 12 mit einer Kathode 14 und einer Anode 16. Zur besseren Übersichtlichkeit der Darstellung ist in der Figur nur eine Brennstoffzelle 12 eingezeichnet – in der Praxis handelt es sich dahingegen um einen durch Stapelung mehrerer Brennstoffzellen gebildeten Brennstoffzellenblock.

Der Anode 16 der Brennstoffzelle 12 wird über eine Leitung 18 Wasserstoff (H_2) oder ein wasserstoffhaltiges Gas (Reformat) zugeführt. Der Kathode 14 der Brennstoffzelle 12 wird über eine Leitung 20 Sauerstoff (O_2) enthaltende Ansaugluft zugeführt. Die Ansaugluft durchläuft einen Luftfilter 22 und einen Kompressor einer Kompressor-Expander-Einheit 24, bevor sie der Kathode 14 der Brennstoffzelle 12 zugeführt wird.

Das Brennstoffzellensystem 10 umfaßt des weiteren einen drehbaren Adsorber 28 (Rotoradsorber), der derart angeordnet ist, daß er mit einem Abschnitt in dem Zuluftstrom 20 und mit einem anderen Abschnitt in einem Abluftstrom 30 der Brennstoffzelle 12 liegt. Die Drehachse D des Rotoradsorbers ist derart zwischen Zuluftstrom 20 und Abluftstrom 30 angeordnet, daß bei Drehung des Rotoradsorbers 28 im Sinne des eingezeichneten Pfeiles sich stets ein Abschnitt des Rotoradsorbers 28 in dem Zuluftstrom 20 und ein anderer Abschnitt in dem Abluftstrom 30 befindet. Dadurch werden ein Desorptionsbereich 21 im Zuluftstrom und ein Adsorptionsbereich 31 im Abluftstrom 30 definiert.

Die Abluft der Kathode 14 der Brennstoffzelle 12 wird entlang einer Leitung 30 durch einen Expander der Kompressor-Expander-Einheit 24 dem Adsorptionsbereich 31 des Rotoradsorbers 28 und danach einem Schalldämpfer 32 zugeführt. In der Abluftleitung 30 kann, wie in der Figur dargestellt, ein der Kompressor-Expander-Einheit 24 vorgeordneter Kondensat-Ableiter 34 vorgesehen sein, der bereits den Teil der in der Kathodenabluft in Form von Nebeltröpfchen enthaltenen Feuchtigkeit abscheidet. Ebenso kann auch unmittelbar vor dem Adsorbereintritt ein Kondensat-Ableiter angeordnet sein.

Der Kondensat-Ableiter 34 kann auch dazu dienen, einen Teil des rückgeführten Wasseranteils flüssig zurückzugewinnen, weil durch die erhöhte Feuchtigkeit der Zuluft vor der Kathode 14 der Brennstoffzelle 12 der Anteil der in Form von Nebeltröpfchen enthaltenen Feuchtigkeit größer sein wird. Ebenso ist zur flüssigen Rückgewinnung die Ver-

wendung eines weiteren Kondensat-Ableiters mit oder ohne zusätzlichen Wärmetauscher (Kühler) vor oder hinter der Brennstoffzelle 12 denkbar.

Die verbleibende Feuchtigkeit in der Abluft wird in dem Adsorptionsbereich 31 des Rotoradsorbers 28 adsorbiert. Das adsorbierte Wasser wird durch Drehung im Sinne des eingezeichneten Pfeiles in den Desorptionsbereich 21 des Rotoradsorbers 28 gedreht und dort durch nicht näher dargestellte Energiezufuhr, beispielsweise in Form von Heißluft, desorbiert und direkt in den Zuluftstrom 20 zur Befeuchtung der Zuluft aufgenommen. Somit erfolgt die Adsorption des Wassers aus dem Abluftstrom der Brennstoffzelle auf niedrigem Druckniveau unmittelbar vor dem Verlassen des Brennstoffzellensystems 10. Selbstverständlich kann die Adsorption auch vor dem Expander erfolgen.

In dem in der Figur dargestellten Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem erfolgt die Desorption mit Hilfe des nach dem Durchtritt durch den Luftkompressor der Kompressor-Expander-Einheit erhitzten Zuluftstroms vor dem Eintritt in den Kathodenraum der Brennstoffzelle. Somit wird als Trägergasstrom für die Desorption erfindungsgemäß der Zuluftstrom zur Brennstoffzelle auf hohem Druckniveau unmittelbar vor Eintritt in die Brennstoffzelle 12 verwendet. Alternativ hierzu kann eine Desorption durch den Zuluftstrom auch vor dem Kompressor erfolgen. Der als Adsorbens dienende, in dem Rotoradsorber eingebrachte Feststoff kann, wie in dem dargestellten Ausführungsbeispiel möglich, nach der Desorption in einer Kühlungseinheit 26 durch die Ansaugluft gekühlt werden, bevor er wieder in den Adsorptionsbereich 31 gedreht wird.

Als geeignete Adsorbentien zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem sind insbesondere Silikagel und hydrophile Zeolithe geeignet, wobei jedoch auch andere Feststoffe mit einer großen inneren Oberfläche verwendbar sind. Die Adsorbentien können sowohl in einer Partikelschüttung als auch in Form geordneter Strukturen (Monolithstrukturen, Wickeladsorber) verwendet werden. Im letzteren Falle ist eine Aufbringung des Adsorbens auf ein Trägermaterial oder auch eine Verwendung des homogenen Stoffes in einstückiger Form möglich.

Die Wärmekapazität des insbesondere als Feststoff vorliegenden Adsorbens kann im Vergleich zu seiner Sorptionskapazität durch Hinzufügen eines Inertstoffes so eingestellt werden, daß eine energieoptimierte Desorption durch Wärmerückgewinnung bei gleichzeitig guter Adsorption und Desorption erreicht wird. Das Hinzufügen des Inertstoffes kann sowohl in Form einer separaten Schicht oder durch Mischung mit dem Adsorbens erfolgen.

Wie bereits vorstehend ausgeführt, ist die Erfindung nicht auf das dargestellte Ausführungsbeispiel mit einem Rotoradsorber beschränkt. Vielmehr ist auch eine Ausführung als Festbettadsorptionsanlage möglich, die ein oder mehrere Festbetten umfaßt, auf die der Zu- bzw. der Abluftstrom jeweils zyklisch umgeschaltet werden.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. dem erfindungsgemäßen Brennstoffzellensystem rückgewonnenes Wasser kann in dem Brennstoffzellensystem im Sinne einer Wasserbilanzausgleichung vielfältig eingesetzt werden. Insbesondere kann das rückgewonnene Wasser dampfförmig oder flüssig wenigstens teilweise zur Dampfreformierung gasförmiger oder flüssiger Energieträger, zur Hoch- oder Niedertemperatur-Shift-Reaktion gasförmiger oder flüssiger Energieträger oder zur autothermen Reformierung gasförmiger oder flüssiger Energieträger eingesetzt werden. Darüber hinaus ist bei DMFC-Systemen der Einsatz als Ergänzungswasser für den flüssigen Energieträger Methanol-Wasser-Gemisch möglich.

1. Verfahren zum Betrieb eines Brennstoffzellensystems, das mindestens eine Brennstoffzelle (12) umfaßt, **dadurch gekennzeichnet**, daß in einem Abluftstrom (30) der mindestens einen Brennstoffzelle (12) enthaltene Feuchtigkeit mittels Adsorption (31) dem Abluftstrom (30) entzogen, das adsorbierte Wasser desorbiert (21) und in den Zuluftstrom (20) und/oder den Brennstoffstrom und/oder in den Flüssigkeitsstrom der Anodenseite und/oder in den Kühlwasserkreislauf der mindestens einen Brennstoffzelle (12) zurückgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß als mindestens eine Brennstoffzelle (12) eine PEM-Brennstoffzelle eingesetzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das desorbierte Wasser dampfförmig oder flüssig rückgeführt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das adsorbierte Wasser mittels für die mindestens eine Brennstoffzelle (12) vorgesehener erhitzter Zuluft desorbiert (21) wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß für die Adsorption (31) ein Adsorbens verwendet wird, das in homogener Schüttung vorliegt, das auf einem Trägermaterial aufgebracht ist oder das in einer geordneten Struktur als homogener Stoff vorliegt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß für die Adsorption (31) ein Adsorbens verwendet wird, das zwischen Adsorption und Desorption kontinuierlich oder getaktet rotierend angeordnet ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Adsorption (31) oder Desorption (21) in mindestens einem Festbett erfolgt, dessen Zu- und Abluftströme zyklisch umgeschaltet werden.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Adsorbens nach der Desorption gekühlt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Kühlung Ansaugluft verwendet wird.
10. Brennstoffzellensystem mit mindestens einer Brennstoffzelle (12) mit einer Kathode (14), einer Anode (16), einer Zuluftleitung (20) und einer Abluftleitung (30), **gekennzeichnet** durch einen in den Abluftstrom der mindestens einen Brennstoffzelle (12) geschalteten drehbaren oder umschaltbaren Adsorber (28), wobei eine Rückgewinnung von in dem Abluftstrom der mindestens einen Brennstoffzelle (12) enthaltener Feuchtigkeit mittels Adsorption (31), anschließender Desorption (21) adsorbierten Wassers und Rückführung in den Zuluftstrom und/oder einen Brennstoffstrom und/oder in einen Flüssigkeitsstrom der Anodenseite und/oder in einen Kühlwasserkreislauf der mindestens einen Brennstoffzelle (12) erfolgt.
11. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß die mindestens eine Brennstoffzelle (12) eine PEM-Brennstoffzelle ist.
12. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Rückfuhr des desorbierten Wassers dampfförmig oder flüssig erfolgt.
13. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Desorption (21) des adsorbierten Wassers mittels für die mindestens eine Brennstoffzelle (12) vorgesehener erhitzter

Zuluft erfolgt.

14. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Adsorber (28) ein Adsorbens aufweist, das in homogener Schüttung vorliegt, das auf einem Trägermaterial aufgebracht ist oder das in einer geordneten Struktur als homogener Stoff vorliegt.

15. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Adsorber (28) ein Rotorsorber ist, der mit einem ersten Abschnitt in dem Zuluftstrom und mit einem zweiten Abschnitt in dem Abluftstrom der mindestens einen Brennstoffzelle (12) angeordnet ist.

16. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Adsorber (28) zwischen Adsorption und Desorption kontinuierlich oder getaktet rotierend angeordnet ist.

17. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Adsorption (31) oder Desorption (21) in mindestens einem Festbett des Adsorbers (28) erfolgt, dessen Zu- und Abluftströme zyklisch umschaltbar sind.

18. Brennstoffzellensystem nach einem der Ansprüche 15 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach der Desorption eine Kühlung des Adsorbens erfolgt.

19. Brennstoffzellensystem nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kühlung mittels der Ansaugluft erfolgt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

